

# シンガポール, 台北, 香港における 浮遊粒子状物質 (SPM) の現状

中山 榮子

The Present Problems of Suspended Particulate Matter (SPM) in  
Singapore, Taipei and Hong Kong

Eiko NAKAYAMA

When global environment is considered, we must pay attention to the environmental preservation of the huge Southeast Asian cities where industry and population growth is remarkable. This paper reports on the measurement results for SPM in Singapore, Taipei and Hong Kong. SPM is one of the air contaminants whose grave influence on health has been pointed out. The author carried out the measurements using a laser dust monitor and made contour maps. These maps make it possible for us to instantly get information on SPM concentration distribution and detect its genetic sources.

In Singapore and Taipei the author succeeded in drawing contour maps according to the results around subway stations that function as the focal points of cities. These maps enable us to visually catch the SPM source and its diffusion directions. The measurement results in Hong Kong could not be completed in one contour map since from the second day of the author's taking measurements the atmosphere was quite stable with insufficient convection. The basic and important measurement results for understanding the existing condition of air pollution in large cities in Southeast Asia were obtained.

*Key words:* SPM (浮遊粒子状物質), contour map (コンターマップ), Southeast Asia (東南アジア), laser dust monitor (デジタル粉塵計), MRT (地下鉄)

## 1. はじめに

地球環境問題の解決には、地球規模で考えねばならない温暖化やオゾン層の問題もあるが、それぞれの地域の問題解決と同時にグローバルな立場で環境問題を捉える必要があるものが多い。特に東南アジアを中心とするメガロポリスは、現在最も人口増加の著しい地域のひとつであり、全世界の1/3強の人口を抱えている。また、近年著しく経済を発展させていると同時に廃棄物、酸性雨などの環境問題も顕在化してきている。したがってこの地域の環境維持は地球環境を守るために不可欠であると考えられる。

この地域を対象として、東アジア各国において共通の方法による酸性雨測定およびそのネットワーク化を図る「東アジア酸性雨モニタリングネットワーク (The Acid Deposition Monitoring Network in East Asia: EANET)」が構築された<sup>[1]</sup>。ここでのデータを基に大気汚染物質の排出量データの整備や長距離移動モデルの計算などが可能

となっている。また、アジア大都市ネットワーク 21 共同事業として、「自動車排ガス対策実務担当者会議」が行われ、自動車の排ガス対策が図られている<sup>[2]</sup>。

しかしながら、後者では窒素酸化物 (NO<sub>x</sub>) と粒子状物質 (PM) が具体的なパラメータであるにもかかわらず、前者では大気汚染物質として窒素酸化物や硫酸酸化物 (SO<sub>x</sub>) の測定が中心で、PM はなかなか一緒に測定されることがない。また PM の中でも粒子径が 10 μm に満たないものを浮遊粒子状物質 (Suspended Particulate Matter: SPM) あるいは PM<sub>10</sub> と呼び、喘息などの呼吸器系の疾患の原因物質や花粉症の増悪物質である疑いが高い<sup>[3]</sup>。

にもかかわらず、SPM に関しては東南アジア規模の広域の定量的な測定はない。日本においてすら、都道府県レベルでの測定にとどまっている。

本研究室では今まで生活空間における SPM の面測定とそのシミュレーションを試みている (たとえば 4)。同時にそのときの測定手法を生かして生活環境の国際比較にも取り

組んでおり、上海（2001年3月）、香港（2002年3月）、シンガポール、クアラ・ Lumpur（2002年9月）、バンコク、チェンマイ（2003年8月）においてSPMの簡易測定を実施してきた。

本論文では、シンガポールおよび香港の二度目の測定と台北における測定について、アジア地域の大都市における大気汚染状況を生活者の目で把握するために、人口密集地での測定とSPM濃度分布の可視化の試みを報告する。

## 2. SPMの測定

### 2.1 シンガポール

時期: 2005年8月1日～5日

調査参加者: 大学院生活機構研究科生活科学専攻 助教授 中山榮子

測定場所: シンガポール地下鉄 MRT (Mass Rapid Transit・図1) を利用し、2002年の調査<sup>[5]</sup>で測定した場所および新しくできた North-East Line などを中心に約30箇所を測定した。

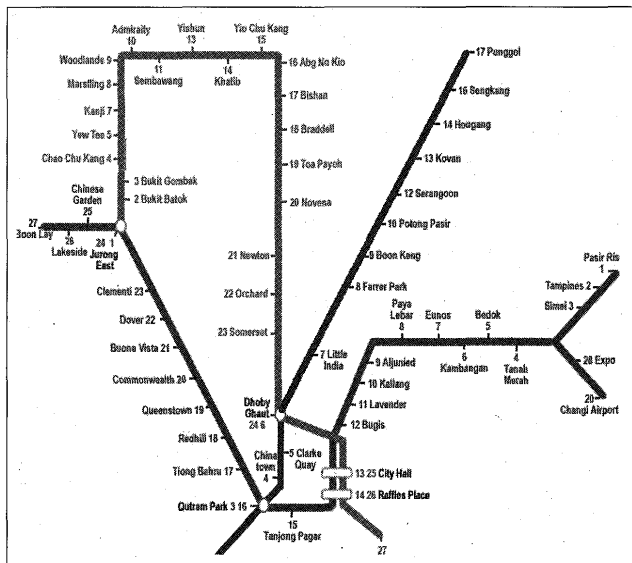


図1 シンガポール MRT 路線図 [6]

### 2.2 台北

時期: 2006年2月13日～16日

調査参加者: 大学院生活機構研究科生活科学専攻 助教授 中山榮子、大東文化大学非常勤講師 神部順子、本学生生活環境学科3年 榎田詞子

測定場所: 台北大衆捷運 (Taipei Rapid Transit Corporation: TRTC・図2) を利用し、沿線約60箇所を測定した。

### 2.3 香港

時期: 2006年3月14日～17日

調査参加者: 大学院生活機構研究科生活科学専攻 助教授

中山榮子、大東文化大学非常勤講師 神部順子、本学生生活環境学科3年 榎田詞子

測定場所: 香港地下鉄 (Mass Transit Railway: MTR・図3) を利用し、2002年の測定<sup>[7]</sup>と同様にその沿線および九龍半島 Tsim Sha Tsui East (尖沙咀東), Kowloon Park (九龍公園), 香港島 Central (中環) を合わせて約120箇所を測定した。

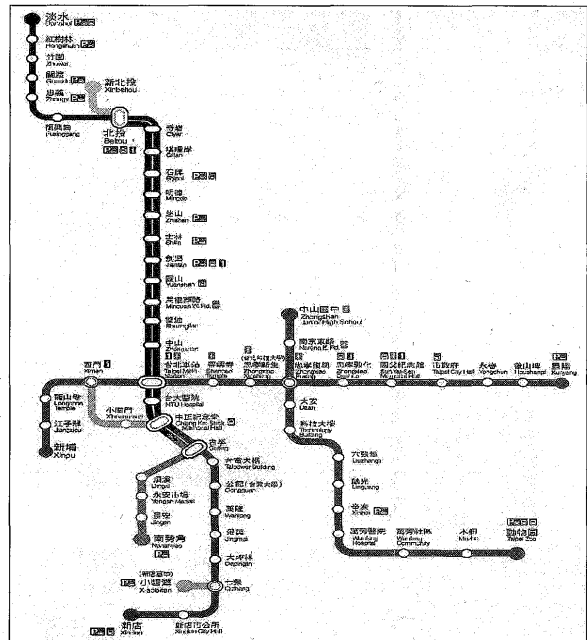


図2 台北大衆捷運路線図 [8]

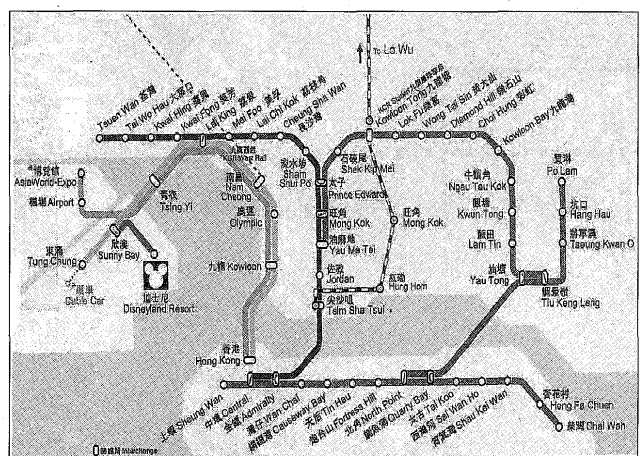


図3 香港地下鉄 MTR 路線図 [9]

### 2.4 測定方法

SPMの測定には シバタ科学社製のデジタル粉塵計 (Laser Dust Monitor) LD-1 および LD-3 K を使い、一分間の粉塵量をカウントしSPM濃度に換算した。なおこの二台の機差はあらかじめ研究室にて求めてあり、結果の表

には換算済みの値を示した。シンガポールでの風速の測定には Custom 社の Thermo Anemometer CW-10 を、温湿度の測定にはエー・アンド・ディ社のデジタル温湿度計 AD-5644 を用いた。台北および香港での風速、温湿度の測定には扶桑理科製品社製デジタル温湿度風速計 FUSO-8918 を用いた。

また、SPM 濃度分布を視覚的に把握するため、早狩進氏作成のコンターマップソフト Contour Map 97.xla ver. 1.0<sup>[10]</sup>を用いて図化した。

### 3. 結果と考察

#### 3.1 シンガポール

アジア家政学会 ARAHE (The 13<sup>th</sup> Biennial International Congress of Asian Regional Association for Home Economics 2005. Singapore, August 1-5, 2005) に参加した機会に、会場地であるシンガポールで 2002 年 9 月に続いて二回目の測定を行った。シンガポールでは大気常時測定を 14 箇所で行っており、その結果を PSI (Pollutant Standards Index) という指数の値として公開している。また、大気汚染物質に関しては表 1 の国際環境基準をクリアしていることを公開している。その結果、2004 年の総括では、PSI 値で Good (0-50) が 88%, Moderate (51-100) が 12% であった<sup>[11]</sup>。

シンガポールでは都市部を通行する自動車を実質的に制限している<sup>[5]</sup>。たとえば 1975 年に導入されたロードプラ

イシング制度などである。具体的な施策としては、入域許可制度 ALS, 道路通行料制度 RPS, 道路料金自動徴収制度 ERP などがあげられよう。東京都が都内の道路混雑地域の自動車交通量の抑制を図り、渋滞により低下した都市機能の回復と大気汚染などによる環境負荷を軽減する目的で検討をしている方法である。このような施策が実施されていることもありシンガポールでは公共交通機関が発達している。地下鉄 MRT は 2002 年 9 月測定時から North-East Line が増えていた。地下鉄駅はその地域の交通の中心であり、地域住民が生活の場として多く集まるところである。そこで既往の研究<sup>[5,7]</sup>と同様に地下鉄の各駅および駅前での SPM 測定を実施した。その結果を表 2 に示す。表の右欄には 2002 年 9 月の測定データ<sup>[5]</sup>を記した。2 箇所を除いてすべて 2005 年のほうが高い値を示しており、その差の平均は  $12.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  であった。しかしながら測定値の平均値は  $42.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  であり、24 時間値および年平均値両方の基準をクリアしていた。主観的な感想であるが、シンガポールの大気は大変無機質でクリアな感じであった。

表 2 の結果を元にコンターマップを作成し図 4 に示す。地図上の左上 (高速道路 KJE と地下鉄 NS 線の交差するあたり) と右下あたり (地下鉄 NS 線と NE 線が平行に走っており高速道路 PIE と CTE が交差している) に高濃度地域が生じている。また、繁華街であり旅行者や買い物客が集まる Orchard 通りはこの地域の南部にあたる。

表 1 シンガポール環境基準<sup>[11]</sup>

Pollutants	Averaging Time	JSEPA Primary Air Quality Standard		WHO Air Quality Guidelines	
		Concentration		Concentraion	
Gaseous Pollutants					
SO <sub>2</sub>	Annual Mean	80 μg/m³	0.03 ppm	50 μg/m³	0.019 ppm
	24 Hours	365 μg/m³	0.14 ppm	125 μg/m³	0.048 ppm
CO	8 Hours	10 mg/m³	9 ppm	10mg/m³	9 ppm
	1 Hour	40 mg/m³	35 ppm	30mg/m³	26 ppm
NO <sub>2</sub>	Annual Mean	100 μg/m³	0.053 ppm	40 μg/m³	0.02 ppm
	24 Hours				
O <sub>3</sub>	1 Hour	235 μg/m³	0.12 ppm		
	8 Hours	157 μg/m³	0.08 ppm	120 μg/m³	0.06 ppm
Particulate Pollutants					
PM <sub>10</sub>	Annual Mean	50 μg/m³			
	24 Hours	150 μg/m³			
Lead	3 Months	1.5 μg/m³			
	1 Year			0.5 μg/m³	

JSEPA: 日本・シンガポール新時代経済連携協定

表2 シンガポール SPM 測定結果

Date	Weather	Temp. ℃	RH; %	Wind Direction	Wind Velocity m/s	Time	Area	Measurement Point	Exit	SPM μg/m <sup>3</sup>	0209data
050803	曇	26	71			810					
						812	North-South Line	NS20		22.0	
						825		NS17		51.0	
		28	78			833		NS15		47.0	
						838		NS14		39.0	
		29	72			843		NS13		37.0	
						853		NS10		69.0	
						904		NS7		88.0	
		30	70			913		NS4		58.0	
						930	East-West Line	NS1EW24		28.0	
						940		EW27		34.0	30.0
		31	77	SW	2.4	1005		EW25		16.0	18.0
						1020		EW23		31.0	23.5
						1030		EW21		23.0	20.8
		31	77			1034		EW18		24.0	
						1053	North-East Line	EW16NE3		21.0	26.3 EW12; 60.0
		30	70			1112		NE1	A	24.0	
						1215		NE17	B	42.0	
スコール						1245		NE16	C	29.0	
スコール		29	76			1311		NE14		29.0	
						1324		NE12		39.0	
雨止む						1335		NE8		26.0	
		29	67			1355		NS27		46.0	13.8
						1455	East-West Line	EW29		42.0	35.0 EW28; 36.5
		29	64			1528		EW1		71.0	17.3
		29	64			1537		EW2		47.0	24.0
						1550		EW4		62.0	80.5 EW5; 39.5
		30	64			1604		EW7		66.0	29.5
						1615		EW10		82.0	70.5 EW9; 28.5
		30	63			1633		NS22		51.0	NS21, 28.15, NS23, 33.00
						1642	North-South Line	NS25EW13		33.0	24.4
								Clarke Quay			

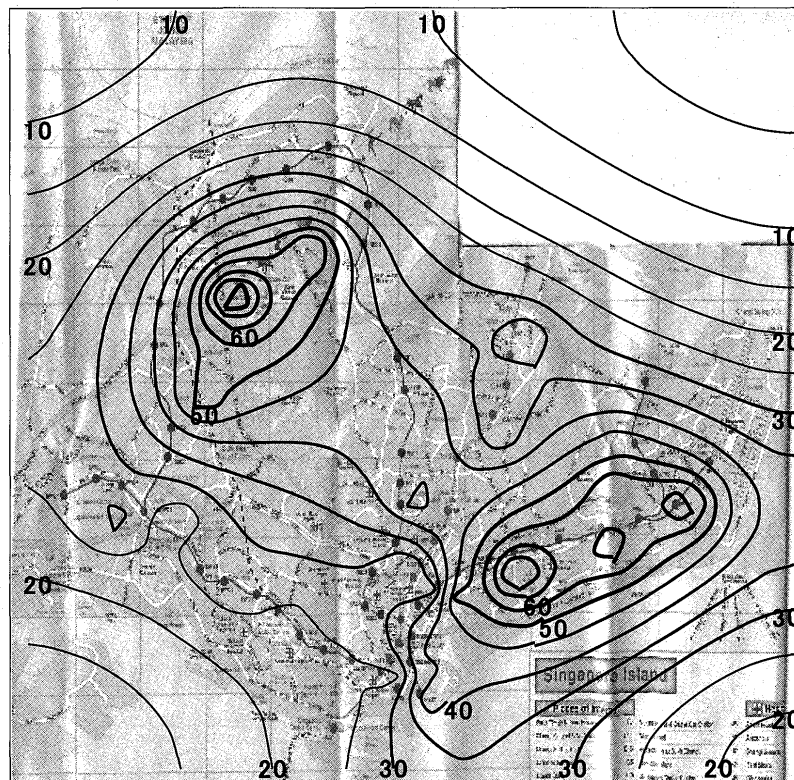


図4 シンガポール MRT コンターマップ (050803)

### 3.2 台 北

台北市環境保護局（EPB）の報告<sup>〔12〕</sup>によると、PM<sub>10</sub>の排出源は走行中の乗用車（2000年で約63%）と二輪車など（同22%）から排出されるダストと見積もられている。また、台北市自動車監督局によると2002年6月時点で台北市の車両数は約160万台、台湾全体を考えると九州ほどの面積に2100万人が住み600万台の車と1200万台の二輪車（バイク、スクーター）を持っている<sup>〔13〕</sup>。したがって台北市の場合は自動車だけでなく二輪車からの排出物規制が重要であろう。また、台北地下鉄終点（最寄り駅）からバスへの乗り換え優遇施策も実施されている。このため、空気汚染指数（PSI: Pollutant Standards Index）の値が100を超える“不良（Unhealthy）”である比率は4.46%と報告されており、大気の汚染が大きく問題となっている地域はないという公式発表となっている<sup>〔14〕</sup>。しかしながら、PM<sub>10</sub>の値を、中華民国環境保護統計月報<sup>〔14〕</sup>から確認してみると、94年（台湾歴: 西暦2005年）の平均値は64.76 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と報告されており、表1, 3の環境基準と照らし合わせてみても、決して低い値とはいえないと考えられよう。

表4に台北市地下鉄を利用したSPM測定の結果を示す。写真1, 2には、測定地点から撮影した台北市内の状況を示す。写真1, 2からもわかるように、道路には二輪車があふれていた。二人乗り（家族乗り?）なども数多く見られた。信号が変わるとまず二輪車の大群が通り過ぎた後に四輪が通るという状態であった。また、写真2のように地下鉄出口付近などには、二輪車が整然と並んでいたが、このために歩行者がほとんど通れない状態になっているところもあった。



写真1 山水閣ホテル横交差点 (060214)



写真2 古亭站出口3付近 (060214)

表3 日本の環境基準<sup>〔15〕</sup>

Pollutants	Averaging Time	日本の環境基準	
		Concentration	
Gaseous Pollutants			
SO <sub>2</sub>	1 Day		0.04 ppm
	1 Hour		0.1 ppm
CO	8 Hours		20 ppm
	1 Hour		10 ppm
NO <sub>2</sub>	1 Hour		0.06 ppm
	24 Hours		
光化学オキシダント	1 Hour		0.06 ppm
Particulate Pollutants			
PM <sub>10</sub>	1 Day	0.10mg/m <sup>3</sup>	
	1 Hour	0.20mg/m <sup>3</sup>	

表 4 台北 SPM 測定結果

Date	Weather	Temp. °C	RH: %	Wind Direction	Wind Velocity m/s	Time	Area	Measurement Point	Exit	SPM μg/m <sup>3</sup>
060213	曇	22.5	57.5	C		22:15 22:18 23:01		山水閣ホテル室内 (907) 山水閣ホテル前 山水閣ホテル室内 (905)		146.0 250.7 149.0
060214 (早朝雨) 晴		19.9 20.9 21.3 22.9 23.7 26.4 27.0 25.5 25.8 27.1 27.6	66.9 63.2 58.3 54.8 54.8 48.8 49.9 52.1 47.0 41.6	C C WNW NNE C SE WNW C C C		8:00 8:34 8:45 9:00 9:37 10:01 10:16 10:36 11:08 11:28 11:48 12:08	淡水線 (Danshui Line) Minquan W. Rd. Minquan W. Rd. Taipei Main Station 新店線 (Xindian Line) Xindian Qizhang Jingmei Gongguan 中和線 (Zhonghe Line) Jingan Dingxi 淡水線 (Danshui Line) Chiang Kai-Shek Memorial Hall	山水閣ホテル前 民權西路 民權西路プラットフォーム 台北車站 新店 七張 景美 公館 (台灣大学) 景安 頂溪 古亭 中正記念堂	1 2 1 1 3 1 1 3 5	154.5 152.0 113.0 137.5 32.5 131.0 53.5 117.5 134.0 111.5 81.5 65.5
	曇→少雨									
	少雨	24.7 24.6 24.6 24.8 25.0 24.5	54.3 52.5 52.9 51.2 55.6 53.7	ENE ESE C C C C	2.2 1.6	14:45 15:02 15:17 15:32 15:46 16:00 16:12	板南線 (Bannan Line) Kunyang Houshanpi Yongchun Taipei City Hall Sun Yat-Sen Memorial Hall Zhongxiao Dunhua	車中 昆陽 後山埤 永春 市政府 国父記念館 忠孝敦化 出口 5 につながる地下街	4 3 4 2 4 5	31.0 69.0 63.5 61.0 63.0 59.5 62.5 21.0
	曇	23.7 24.3	57.4 66.3	C C		17:04 17:13	新店線 (Xindian Line) Gongguan	Taiower Building Gongguan	2 3	61.5 57.5
060214 晴		19.6 20.1 20.5 23.4 26.0 24.6 24.8 25.4 25.3 27.0 24.7 25.2 25.6 26.6	70.5 65.5 61.6 59.0 51.8 55.6 57.2 54.4 52.1 47.1 49.8 48.3 49.4 46.1	C C C C C C C C C C C C C N		8:14 8:37 8:58 9:45 10:03 10:15 10:25 10:39 10:51 11:08 11:26 11:35 11:51 12:07	淡水線 (Danshui Line) Taipei Main Station 木柵線 (Muzha Line) Taipei Zoo Muzha Wanfang Community Wanfang Hospital Xinhai Linguang Liuzhang Technology Building Daan Zhongshan Junior High School Nanjing E. Rd.	山水閣ホテル前 民權西路 台北車站 動物園 木柵 萬芳社區 萬芳醫院 辛亥 麟光 六張犁 科技大樓 大安 中山國中 南京東路	1	159.0 144.5 130.5 42.0 38.0 48.0 56.0 103.0 88.5 48.0 68.5 55.5 46.0 43.5
060214 (直前まで雨)	曇	24.7 25.4 24.7 24.5 24.3	53.4 48.6 49.7 52.3 53.9	C E C N C		14:58 15:14 15:29 15:49 16:04 16:09	板南線 (Bannan Line) Xinpu Jiangzicui Longshan Temple Ximen Shandao Temple	新埔 江子翠 龍山寺 西門 善導寺 善導寺 (大通り)	1	64.0 32.0 34.5 37.0 44.5 55.0
	少雨	23.4 22.9 23.0	58.0 59.3 61.5	N N NNW	0.8 0.7 0.9	16:23 16:43 17:00	Zhongxiaoxinsheng Zhongxiaofuxing Zhongxiaodunhua	忠孝新生 忠孝復興 忠孝敦化	3	58.0 78.0 73.5
060215						6:45 7:25 7:43 8:33 9:15 9:35 9:54 10:12 10:30 10:46 11:17 11:30 11:45 12:01 12:16		山水閣ホテル室内 (905) 山水閣ホテル室内 (905) 山水閣ホテル前 民權西路 新店市公所 大坪林 萬隆 Taipowerbuilding NTU Hospital Taipei Main Station Zhongshan Shuanglian Yuanshan Jiantan Shilin		27.0 55.0 72.0 69.5 30.5 52.5 42.7 36.5 82.7 78.5 108.5 119.0 127.0 161.5 126.5
	曇	22.8 24.6 25.1 25.5 27.2 25.5 25.5 25.9 26.6 25.6 25.2 23.5	77.9 63.2 63.2 59.5 60.2 66.3 63.5 63.4 61.3 62.1 65.6 73.6	C C C C C C C C C C C W		8:33 9:15 9:35 9:54 10:12 10:30 10:46 11:17 11:30 11:45 12:01 12:16	淡水線 (Danshui Line) Xindian City Hall Odapingin Wanlong Taipowerbuilding NTU Hospital Taipei Main Station Zhongshan Shuanglian Yuanshan Jiantan Shilin	民權西路 新店市公所 大坪林 萬隆 台電大樓 台大醫院 台北車站 中山 雙連 圓山 劍潭 士林	1 1 3 4 2 3 8 1 1 2 1 1	66.0 85.0 74.0 65.0 83.0 84.0 111.5 114.0 132.0 136.0 116.0 109.5 126.0
060215 晴		25.5 25.5 24.7 28.4 25.8 24.9 25.2 24.7 24.9 24.5 24.7 24.8 23.2	66.3 56.3 65.2 57.8 62.2 67.2 66.3 66.9 68.4 70.1 69.4 68.8 74.6	C C C C C C C C C C C C W		9:22 9:37 9:45 9:55 10:05 10:18 10:48 11:00 11:10 11:20 11:30 11:40 12:17	淡水線 (Danshui Line) Dansui Hongshulin Zhuwei Guandu Zhangyi Fuxinggang Beitou Qiyang Shipai Mingde Zhishan Shilin	淡水 紅樹林 竹園 關渡 忠義 復興崗 北投 奇岩 石牌 明德 芝山 士林		66.0 85.0 74.0 65.0 83.0 84.0 111.5 114.0 132.0 136.0 116.0 109.5 126.0



図5 台北大衆捷運コンターマップ (060214 & 15)

表4の結果からコンターマップを作成し、図5に示す。SPMの汚染は、台北大衆捷運と台湾鐵路が交差する台北車站あたりを中心とし、台北市西部を流れる淡水河と台北大衆捷運淡水線・新店線に沿うような形で南北に広がっていることが窺える。また、台北大衆捷運板南線方向にも東西に広がっている。SPM濃度は $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えるところが続出した。台北市内の当時の公式測定結果はまだ公表されていないが、公開されている直近のデータでは $62.48\mu\text{g}/\text{m}^3$  (2005年12月)<sup>[14]</sup>であり、我々の測定での平均値 $85.37\mu\text{g}/\text{m}^3$ は、かなり高い値であったことは否めないであろう。同時に宿舎(山水閣ホテル)の前および客室内においても測定を行ったが、客室内においても高濃度を示し驚かされた。

### 3.3 香港

香港は自動車利用が高密度で、(道路1kmに対して香港271台、アメリカ33台)、ディーゼル車への依存度は、それぞれ香港30%、アメリカ4%である。その上香港では都

市の過密化と高層ビルが大気汚染を増悪している。そのため超低硫黄ディーゼル燃料使用の義務付けや新規タクシーのLPG化などが行われている<sup>[16]</sup>。また、目標値が公開されており(表5)<sup>[16]</sup>、同時に一般市民にも関心を持たせるため、2002年の調査旅行の時から一般空気汚染指数の電光掲示が成されていた。今回の調査では、写真3に示したNorth Point(北角)駅だけでなくTsim Sha Tsui(尖沙咀)駅出口B2やAdmiralty(金鐘)駅出口Bなど何箇所も見られた。また、東京都と同様にWebサイトに表6で示される観測局での大気汚染測定結果が公表され、 $\text{SO}_2$ 、RSP(微小浮遊粒子状物質)、 $\text{NO}$ 、 $\text{NO}_2$ 、 $\text{CO}$ の各測定局における毎時間値が、東京都と同様にExcel形式でダウンロードできるようになっている<sup>[17]</sup>。

香港での測定は2002年3月の測定と同様に、香港地下鉄MTRを用い、当時から増えていたTseung Kwan O Line(將軍澳線)の駅も測定点に加えた。同時に前回と同様なエリア測定を九龍半島Tsim Sha Tsui East(尖沙咀東)、Kowloon Park(九龍公園)、香港島Central(中環)





写真3 香港島 North Point（北角）駅出口 B2 での大気汚染指数の電光掲示（一般空気汚染指数と路辺空気汚染指数が順に表示される。）

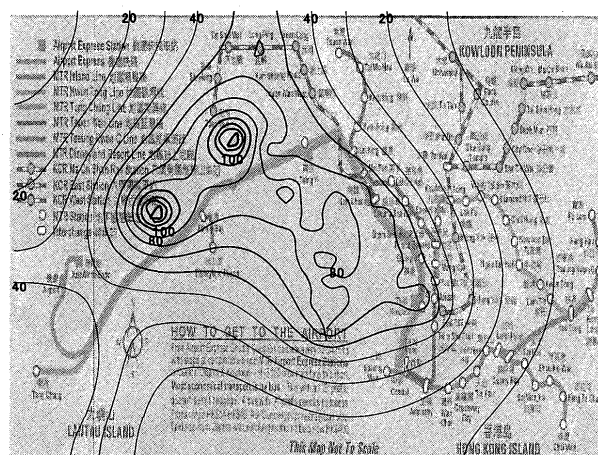


図6 香港 MRT コンターマップ (060315) のみ

表5 香港の目標値と現状 (16)

汚 染 物 質	濃 度 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )					現 状
	1 時間	8 時間	24 時間	3 ヶ月	1 年	
SO <sub>2</sub>	800		350		80	低濃度
TSP (総浮遊粒子状物質)			260		80	
RSP (微小浮遊粒子状物質)			180		55	沿道で高濃度
NO <sub>2</sub>	300		150		80	沿道で高濃度
CO	30000	10000				低濃度
O <sub>3</sub>	240					増加傾向
鉛				1.5		低濃度

表6 香港測定局 (17)

Monitoring Station	Our Observation	Height Above Ground (m)	Land Use Zone/Area
Central/Western		18	Urban
Eastern		15	Urban
Kwai Chung		13	Urban
Kwun Tong	060315 11:35	25	Urban
Sha Tin		21	New Town
Sham Shur Po	060315 12:25	17	Urban
Tai Po		25	New Town
Tap Mun		11	Rural
Tsuen Wan	060315 10:15	17	Urban
Tung Chung		21	New Town
Yuen Long		25	New Town
Causeway Bay	060316 14:10	3	Urban Roadside
Central	060316 15:01	4.5	Urban Roadside
Mong Kok	060315 13:05	3	Urban Roadside



表 7 香港 SPM 測定結果

Date	Weather	Temp. °C	RH. %	Wind Direction	Wind Velocity m/s	Time	Area	Measurement Point	Exit	SPM μg/m³	Previous Data Ref.	API Ref.
060315	曇	19.7	52.7	C		7:55	Tsim Sha Tsui (尖沙咀)	Kimberley Hotel 室内		20.0		
		19.4	54.5	C		9:21	Kimberley Hotel	Kimberley Hotel 前		56.0		
		20.9	55.2	C		9:30	Tsuen Wan Line (荃灣線)	Tsim Sha Tsui 尖沙咀	B2	68.0	127.0	40.0
						10:15	Tsuen Wan	荃灣	2 F	75.0		
						10:22			B	66.0		
		21.1	57.5	C		10:37	Tai Wo Hau	大窩口	A	52.3		
		20.9	61.2	C		10:52	Kwai Hing	葵興	月台 (Platform)	56.0	107.0	
									A	56.5		
		21.1	56.4	C		11:03	Kwai Fong	葵芳	月台	60.0	116.0	
									D	67.0		
	曇	20.4	61.9	C		11:22	Lai King	荔景	A1	54.0	125.5	
		20.9	60.0	C		11:35	Mei Foo	美孚	B	58.5		
		21.2	55.6	SE	1.3	11:50	Lai Chi Kok	荔枝角	A	65.5	143.5	
		21.3	59.0	C		12:15	Cheung Sha Wan	長沙灣	A3	61.5		
		20.8	60.2	C		12:25	Sham Shui Po	深水埗	A2	65.5	137.0	47.0
						12:42			B2	62.0		
		21.2	54.9	C		12:50	Prince Edward	太子	B	71.7	128.5	
		21.2	57.3	C		13:05	Mong Koo	旺角	C	79.5		62.0
		19.7	58.9	C		13:21	Yan Ma Tei	油麻地	D	60.0	91.5	
		22.2	51.7	C		15:33	Tung Chung Line (東涌線)	Tung Chung 東涌	A	157.0		
		19.8	54.7	C		15:55	Sunny Bay	欣澳		158.0		
		19.7	62.7	C		16:33	Tsing Yi	青衣	A 1	156.0		
		19.2	65.5	C		17:07	Kowloon	九龍	D1	76.0		
		18.9	68.5	C		17:28	Olympic	奧運	A 1	86.0		
		19.2	63.6	C		17:45	Nam Cheong	南昌		94.0		
		20.7	64.5	C		18:36	Kimberley Hotel	Kimberley Hotel 前		89.0		
						0:07	Kimberley Hotel	室内		40.5		
060315	曇	20.0	57.3	C		9:21	Kimberley Hotel	Kimberley Hotel 前		54.0		
		20.5	56.9			9:30	Tsuen Wan Line (荃灣線)	Tsim Sha Tsui 尖沙咀	B1	59.0		
		17.1	54.5	S	2.4	10:20	Kwun Tong Line (觀塘線)	Tiu Keng Leng 調景嶺	A1	44.0		
		19.5	60.5			10:45	Yau Tong	油塘	A2	57.0		
				S	1.1	10:50			駅の入口(3階)	48.0		
		19.2	58.0			11:12	Lam Tin	藍田		81.0	107.0	
		19.3	65.3			11:35	Kwun Tong	觀塘	B3	52.0		38.0
		17.8	63.7	S	2.1	11:50	Ngau Tau Kok	牛頭角	月台	60.0	112.5	
		20.4	66.2	C		11:55			B	67.0		
						11:57			B 出口から南下, 大きな通り沿い	65.0		
		20.7	63.7			12:12	Kowloon Bay	九龍灣	B	62.5		
		21.2	61.5			12:37	Choi Hung	彩虹	B	72.5	112.5	
		20.8	67.5			12:52	Diamond Hill	鑽石山	B	53.5		
		22.4	58.4			13:09	Wang Tai Sin	黃大仙	A	71.0		
		19.9	64.7			14:54	Mong Kok	旺角	E1	87.0	136.5	
		20.2	57.9			15:10	Lok Fu	樂富	A	62.0		
		20.8	61.3			15:23	Kowloon Tong	九龍塘	A	78.0		
		20.6	58.7			15:37	Shek Kip Mei	石硤尾	A	80.0		
		21.7	57.3			15:58	Jordan	佐敦	B1	90.5		
		22.4	53.6			16:10	Tsim Sha Tsui	尖沙咀		73.0		
060316	曇					7:15	Tsim Sha Tsui (尖沙咀)	Kimberley Hotel 室内		40.5		
		20.1	69.3	C		8:44	Nathan Rd.	1 Nathan Rd. Hillwood Rd.		315.0		
		19.5	72.3	C		8:55		2 Nathan Rd. Observatory Rd.		330.0		
		20.5	69.4	C		9:01		3 Nathan Rd. Kimberley Rd.		333.0	54.5	
		21.1	67.6	C		9:06		4 Nathan Rd. Granvill Rd.		312.0		
		21.9	67.2	C		9:11		5 Nathan Rd. Cameron Rd.		289.0	63.0	
		22.1	64.2	C		9:14		6 Nathan Rd. Haiphong Rd.		327.0	57.0	
		20.8	71.5	C		9:44	Haiphong Rd.	7		360.0		
		22.1	67.8	C		9:48	Kowloon Park (九龍公園)	8		367.0		
		20.3	69.1	SW	1.2	9:55		9		339.0		
	曇~薄陽	19.0	71.2	E	0.6	10:01		10		356.0		
		20.5	71.4	S	0.3	10:05		11		357.0		
		19.5	66.3	SW	0.4	10:12		12		369.0		
		22.9	66.5	SSW	2.0	10:21		13		361.0		
		22.3	66.3	S	1.5	10:24		15		346.0		
		21.8	60.0	C		10:30		14		347.0		
						10:31		16		337.0		
						10:43		12		370.0		
		22.1	60.1	SSW	1.9	10:46		17		361.0		
		22.3	62.0	C		10:50		18		370.0		
	晴	22.4	63.2	SW	0.6	10:52		19		345.0		
		23.5	63.0	NW	0.6	10:54		20		364.0		
		25.4	61.7	C		13:09	Tseung Kwan O Line (將軍澳線)	Po Larn 寶琳	C	169.0		
		24.3	62.2	C		13:19	Hang Hau	坑口	A1	129.5		
		25.7	68.7	SSE	2.0	13:30	Tseung Kwan O	將軍澳	A2	103.5		
		27.4	71.6	NW	0.9	13:45	Tiu Keng Leng	調景嶺	A1	107.0		
		26.4	59.6	C		14:01	Yau Tong	油塘	A2	100.5		
		24.5	63.9	C		14:25	Quarry Bay	鯉魚涌	A	126.5		
		24.6	61.3	C		14:40	North Point	北角	C	214.0		

Date	Weather	Temp. °C	RH; %	Wind Direction	Wind Velocity m/s	Time	Area	Measurement Point	Exit	SPM μg/m <sup>3</sup>	Previous Data Ref.	API Ref.
060316	晴~曇	24.7	66.1	C		16:12	Central (Hong Kong Island) (中環 (香港島) 地区)	1 皇后像廣場 Statue Square		303.0		
		23.3	69.7	C				2 Chater Rd. 沿い Chater Garden		284.0	67.5	
		23.0	67.5	C		16:24		3 Chater Garden 中央		286.0		
		24.7	65.5	C		16:30		4 Des Vouex Rd. Central Garden Rd. 交差点 立体交差上		300.0	69.0	
		24.0	65.5	C		16:41		5 Garden Rd. Lower Albert Rd. 交差点 Peak Tram 駅前		314.5	48.0	
		22.1	69.3	C		17:13		6 The Peak Tower (Peak Tram 終点駅)		110.0	37.0	
		22.6	69.3	C		18:03		7 Hong Kong Park Cotton Tree Drive Marriage Registry 香港公園内 紅棉路婚姻登記處		286.0	47.5	
		22.8	70.5	C		18:30		8 Cotton Tree Drive Queensway 交差点 Lippo Centre 1		287.0	44.5	
		22.6	72.2	C		18:36		9 Queensway Tamar St. 交差点 向側に高等法院 High Court		339.0	54.5	
		22.2	71.2	C		18:40		10 Tamar St. Drake St.	Admiralty Exit B	306.0	63.0	
		22.9	68.3	C		18:59	Tsuen Wan Line (荃灣線)	Tsim Sha Tsui 尖沙咀	A2	215.0		
		24.3	66.3	C		19:11	Tsim Sha Tsui (尖沙咀)	Kimberley Hotel 前		238.5		
060316	晴~曇	21.4	67.2	C		7:55		Kimberley Hotel 前		199.5		
		21.5	65.1			8:47	Tsim Sha Tsui East (尖沙咀東)	A Nathan Rd. Salisbury Rd. Sheraton Hotel 角		326.0		
		22.1	67.0			8:57		B Salisbury Rd. New World Centre 向かい		312.0	145.5	
		21.3	66.5			9:04		C KCR East Tsim Sha Tsui P1		256.0		
		22.2	66.3			9:14		D Salisbury Rd. Kawloon Shangli-La Hotel 前		302.5	158.5	
		22.6	64.4			9:25		E Salisbury Rd. Science Museum Rd. Hotel Nikko 角		294.0	129.0	
		23.7	62.8			9:40		F Concordia Plaza		196.5		
		23.5	61.4			9:50		G Cheong Wan Rd. Chatham Rd. Hong Kong Museum of History 角		173.5	135.5	
		24.9	62.8			10:06		H Chatham Rd. S. Cameron Rd. 市制局百周年記念公園		179.5	152.0	
		23.8	60.3			10:11		I Chatham Rd. S. Mody Rd. 市制局百周年記念公園角		353.5	142.5	
		23.6	68.1			11:00	Island Line (港島線)	Chai Wan 柴灣	C	155.5	51.5	
		23.6	63.3			11:12		Heng Fa Chuen 杏花邨	A	116.0		
		23.9	72.0			11:23		Shau Kei Wan 筲箕灣	A3	141.0	53.0	
		26.3	65.4			13:02		Sai Wan Ho 西灣河	B	112.0		
		24.9	65.7			13:17		Tai Koo 太古	A2	125.0	41.0	
		24.9	60.9			13:35		Fortress Hill 炮台山	A	322.0		
		24.3	63.0			13:50		Tin Hau 天后	B	254.5		
		23.1	63.9			14:10		Causeway Bay 銅鑼灣	E	268.5	69.5	94.0
		25.1	64.2			14:25		Wan Chai 灣仔	A4	335.5		
		25.8	60.2			14:45		Sheung Wan 上環	A1	182.5	80.5	
		25.0	60.8			15:01		Central 中環	F	257.5	62.0	89.0

の三地区で行った。その結果を表7に示す。

2002年3月に測定した時にも観測されたことであるが<sup>[7]</sup>、天候の加減で風があまり吹かなかった日の翌日は、信じがたいほどの高濃度のSPM値を示した。特に今回は、薄曇りで大気が完全に安定化してしまい対流がほとんど起こらない状態で朝を迎えてしまった。そのため、今回は測定日の異なるデータを元にひとつのコンターマップを作成することは控えた。

図6のように、より繁華街であるTsim Sha Tsui (尖沙咀) 地区よりもむしろ、空港～香港ディズニーランドを結ぶTung Chung Line (東涌線) 沿線で高濃度を示した。そのあたりはまだ開発が進んでおらず写真4で示すようにMRT駅しかないというところもあった。しかしながら高濃度のSPMが観測され、SPM発生の移動源(自動車など)が集中しているTsim Sha Tsui (尖沙咀) 地区や香港島北部地区から緩やかに移動してきた可能性が示唆された。



写真4 Sunny Bay (欣澳) 駅前

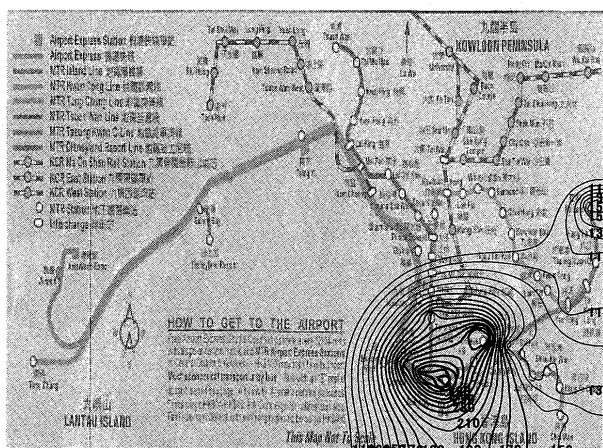


図7 香港 MRT コンターマップ (060316) のみ

図7には、図6の翌日に測定したTseung Kwan O Line (將軍澳線) および Island Line (港島線) の結果を示した。図6とは絶対値が異なってしまったが、香港島側の

Central (中環) から Admiralty (金鐘) 地区やその少し東側とTseung Kwan O Line (將軍澳線) 終点付近(九龍側)が高濃度を示したことがわかる。香港島は中央部に東西に走る山並みがあることから、香港島北部で発生したSPMは東西に拡散するしかないであろう。

香港では街路樹に *Ficus microcarpa* Chinese Banyan 細葉榕がよく植えられていた。九龍公園のNathan Road 側もこの木が多く使われていた(写真5)。桑科の常緑広葉樹で約15mの高木となる。このほか榆科の *Celtis sinensis* Chinese Hackberry 朴樹, *Ficus Benjamina* Benjamina Fig (Weeping Fig) 垂葉榕, *Lagerstroemia speciosa* 大花紫薇(オオバナサルスベリ)などが観察された。こういった街路樹や公園緑地がSPMの拡散に及ぼす影響を測定するために九龍公園内外を20箇所にわたって測定した。しかしながら、当日は薄曇りで大気が安定してしまい対流が起こらず、前日からのSPMがそのまま生活空間に残存した状況であった。そのため、公園内部でも  $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$  を越えるような測定点が並んでしまった。前回の調査時には、上海の人民公園規模にならないと、都市公園がSPMの低減に寄与しないと考えており<sup>[7]</sup>、それを裏付けるデータを取ることができなかったのは大変残念であった。



写真5 Nathan Road (彌敦道) の街路樹 *Ficus microcarpa*

#### 4. まとめ

表8にはアジア各国が取り入れている自動車排ガス規制を年代順に表した。表8にまとめたように多くの国がEuro シリーズ (1992年に開催されたヨーロッパ会議と環境閣僚会議が定めた自動車排ガス規制) に対応している。台湾はアメリカと同様の基準を取り入れている。そこで、欧州、米国と日本の環境基準の現在と2009年・2010年ころを環境白書に図示してあったので引用する<sup>[15]</sup>。これらの基準

表8 アジアの自動車排気ガス規制の動向

([18] より再掲, 追記)

認証所得時期 (年)	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	調査年月
タイ							Euro1		Euro2			Euro3					Euro4			2003年8月
中国											Euro1					Euro2				2001年3月
香港					Euro1			Euro2							Euro3					2002年3月 2006年3月
シンガポール					Euro1										Euro2					2002年9月 2005年8月
マレーシア							Euro1		Euro2						Euro3					2002年9月
インド (ニューデリー)								Euro1		Euro2					Euro3			Euro4		
インドネシア															Euro2					
韓国									Euro2						Euro3					
台湾														US Tier1						2006年2月
フィリピン															Euro1					
バングラディシュ											Euro1				Euro3					
ネパール															Euro1					
スリランカ														Euro2		Euro3				
ヴェトナム (ガソリン車)										Euro1						Euro5				
ヴェトナム (ディーゼル車)															Euro1	Euro2	Euro3	Euro4		
欧州 (大型ディーゼル車)					Euro1		Euro2		Euro3						Euro4		Euro5			

1: 湊 清之:「アジアにおける自動車環境問題とその対応」東京大学環境政策研究会 (2002)

2: 自動車排出ガス対策ネットワーク Clean Air Asia: フォーラム資料 (2002)

3: 湊 清之, 廣田恵子: 資料「アジアの燃料成城と中古車問題」から作成

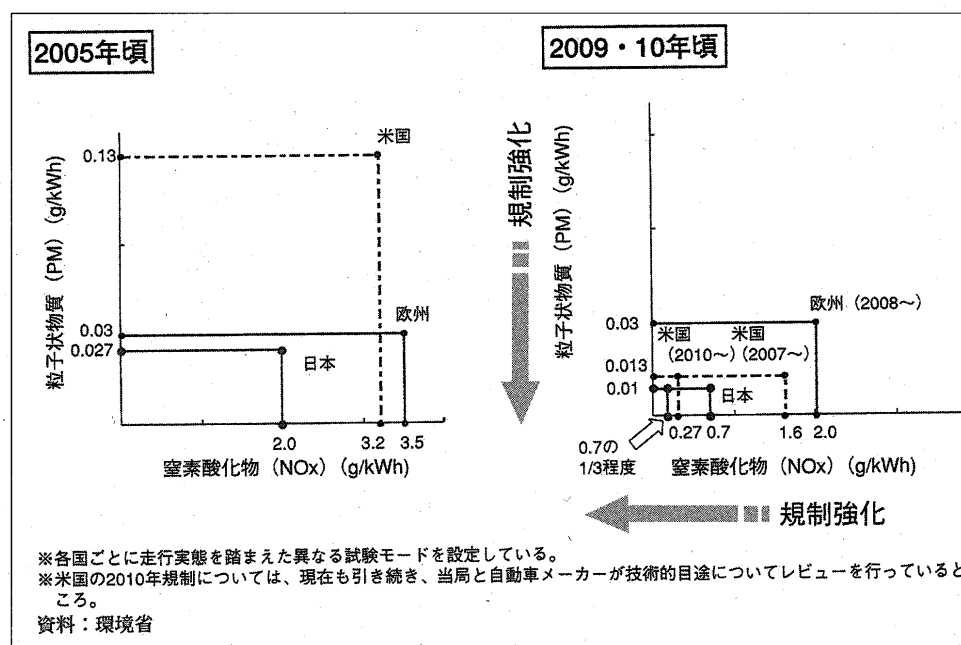


図8 規制値の各国比較図 (ディーゼル重量車) [15]

は図8に示すようにディーゼル車の排気ガスのPMあるいは燃え残った燃料成分であるHC (ハイドロカーボン) とNOxの排出量の規制である。PMとNOxを独立したパラメータとして排出ガス規制を設けている。

しかしながら今回のSPM測定の結果を見ると、生活環境におけるSPM濃度の状態は、必ずしも各国政府が公表しているほど安心できるものではないことが窺える。

SPMは大気汚染物質としてはNOxやSOxなどと異なった振る舞いをすることが明らかになってきている[19]。

独立なパラメータであるSPMは、必ずや測定しなくてはならない大気汚染物質であり、NOxやSOxの測定結果では代替できない。また、香港で用いられているAPI (Air Pollutant Index) のようにSPM, SO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>すべてを一括して表すような指標でも表現し得ない。シンガポールでも最後にはPSI (Pollutant Standards Index) で表すので、わかったような・わからないような値となってしまう。その場所に生活している住民にはっきりわかる形での情報提供が望ましい。

本研究の特色は簡易測定で生活空間の SPM 濃度分布図を得ることにある。特に今回用いた簡易測定装置であるレーザー式のデジタル粉塵計は、各国公式測定局に設置されているベータ線吸収法自動測定器と比較してはるかに安価で、測定操作が簡単であるため誰にでも測定が可能であり、その上再現性の良いデータを収集することが可能である。しかもポータブルである。生活の中心である地下鉄を利用しその駅前での実測データを用いるため、データ自体は離散的であるが、連結させてコンターマップを描くことによって汚染状況が可視化され SPM 発生源を直感的に知ることができる。特に SPM の移動源（自動車など）を対象として、私たちの暮らしに影響を与える発生源の割り出しに大きな役割を果たせる手法といえる。また、公開されているそれぞれの国の公式データとの比較検討も可能である。

現在はいくつかのアジアの大都市の SPM データを蓄積し解析を進め、データベースとして公開する方向で準備を進めている。生活空間という観点での大気汚染に関する研究や国際比較もいまだなされていない。SPM は呼吸器疾患やスギ花粉症の増悪化の原因物質になるといわれており、肺がんなどを引き起こす変異原性としても疑われている。今後も、東南アジア地区の大気環境に注意を払い続けていき、多くの人に関心を持ってもらいたいと考えている。

なお、台北および香港測定には、文部科学省私立大学教育研究高度化推進特別補助の援助を得た。

#### 参考文献

1. 東アジア酸性雨モニタリングネットワーク:  
<http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/kankyo/kikan/eanet.html>
2. Clean Air Asia:  
[http://www2.kankyo.metro.tokyo.jp/clean-air-asia/index\\_j.html](http://www2.kankyo.metro.tokyo.jp/clean-air-asia/index_j.html)
3. 大越稔秋:「東京都の学校保健統計に見る気管支喘息生徒の増加の実態について」酸性雨研究会講演発表要旨 (2006)
4. たとえば中山榮子他:「簡易装置による環境中の微小粒子の挙動について」日本女性科学者の会年報, 2, 55-60 (2001)
5. 中山榮子他:「シンガポールおよびマレーシアにおける浮遊粒子状物質 (SPM) の測定」昭和女子大学紀要学苑, 766, 69-75 (2004)
6. シンガポール情報局:  
[http://www.asia-station.com/mrt\\_rout.shtml](http://www.asia-station.com/mrt_rout.shtml)
7. 中山榮子他:「香港における SPM 測定」, 昭和女子大学紀要学苑, 744, 110-120 (2002)
8. TBC 台湾情報:  
<http://taiwan21.hp.infoseek.co.jp/jp/taiwan/traffic/mrt.htm>

9. City Life MAP Hong Kong (観光客用無料配布地図) より作成
10. Excel アドイン工房:  
<http://www.jomon.ne.jp/~hayakari/index.html>
11. Environmental Protection Division Annual Report Singapore:  
<http://www.nea.gov.sg/cms/pcd/EPDAnnualReport.pdf>
12. 台北市の自動車排ガス規制:  
[http://www2.kankyo.metro.tokyo.jp/clean-air-asia/old/data/taipei\\_h\\_j.pdf](http://www2.kankyo.metro.tokyo.jp/clean-air-asia/old/data/taipei_h_j.pdf)
13. South Wave Cover:  
[http://www.southwave.co.jp/swave/8\\_cover/2003/apnec6/7-1.htm](http://www.southwave.co.jp/swave/8_cover/2003/apnec6/7-1.htm)
14. 中華民国行政院環境保護署:  
[http://www.epa.gov.tw/b/b0100.asp?Ct\\_Code=02X0000006X0000129](http://www.epa.gov.tw/b/b0100.asp?Ct_Code=02X0000006X0000129)
15. 環境省編: 平成 17 年度版環境白書 (2005)
16. アジア大都市ネットワーク 21 自動車排出ガス対策国際フォーラム技術展示会資料より「香港の大気浄化」  
[http://www2.kankyo.metro.tokyo.jp/clean-air-asia/old/data/hongkong\\_p\\_j.pdf](http://www2.kankyo.metro.tokyo.jp/clean-air-asia/old/data/hongkong_p_j.pdf)
17. Environmental Protection Department Hong Kong:  
[http://www.epd.gov.hk/epd/english/resources\\_pub/envir\\_info/envir\\_info.html](http://www.epd.gov.hk/epd/english/resources_pub/envir_info/envir_info.html)
18. 中山榮子:「タイにおける浮遊粒子状物質 (SPM) 汚染の現状」, 昭和女子大学紀要学苑, 777, 119-126 (2005)
19. 中山榮子:「東京都世田谷区三軒茶屋地区における浮遊粒子状物質 (SPM) の測定 その 3」日本建築学会大会 (関東) 学術講演会, (2006) 投稿中

\*参考文献中 Web サイトの参照は 2006 年 4 月 25 日

\*\*コンターマップの下地図は、現地で配布されていたフリーマップより引用した。

(なかやま えいこ 生活環境学科)